



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
Pró-Reitoria de Administração  
Diretoria de Projetos Institucionais

**RELATÓRIO SIMPLIFICADO DE GESTÃO**

<b>01 – NOME DA FUNDAÇÃO DE APOIO CONTRATADA</b> FUNDAÇÃO ESPÍRITO-SANTENSE DE TECNOLOGIA – FEST	<b>02 – Nº DO PROCESSO ADMINISTRATIVO</b> 23068.020688/2017-11	<b>03 – CONTRATO</b> N.º 022/2018
<b>04 – PERÍODO DE EXECUÇÃO:</b> 03/09/2018 a 17/09/2020		

**05 – ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NO ÂMBITO DO PROJETO COM O MONTANTE DE RECURSOS TRANSFERIDO ANTERIORMENTE À FUNDAÇÃO DE APOIO PELA UFES:**

- Fortalecimento de núcleo de conhecimento e capacitação de recursos humanos para o estado do Espírito Santo para desenvolvimento e monitoramento de ações em Saneamento Ambiental – Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos por meio de apoio a 15 alunos com bolsas de estágio e 8 com bolsas de mestrado.
- Produção de 18 artigos científicos para publicação em periódicos nacionais e internacionais.
- Publicação de 1 livro.
- Participação em 5 congressos nacionais e internacionais
- Realização de 1 Seminário Estadual de Saneamento Básico e Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos.

**06 – RUBRICAS DA PLANILHA ORÇAMENTÁRIA EXECUTADAS COM O MONTANTE DE RECURSOS TRANSFERIDO ANTERIORMENTE À FUNDAÇÃO DE APOIO PELA UFES:**

- 3 – PESSOA FÍSICA (SEM VÍNCULO COM A FUNDAÇÃO) - R\$ 805.133,42  
3.1 - SERVIÇOS ADMINISTRATIVOS E AUXILIARES - R\$ 213.313,62  
3.2 - ATIVIDADES FIM DO PROJETO - R\$ 591.819,80  
3.3 – BOLSAS - R\$ 254.176,16  
4 – PESSOA FÍSICA (COM VÍNCULO COM A FUNDAÇÃO) - R\$ 254.176,16  
4.1 - SERVIÇOS ADMINISTRATIVOS E AUXILIARES - R\$ 58.474,63  
4.2 - ATIVIDADES FIM DO PROJETO - R\$ 195.701,53  
5 – PESSOA JURÍDICA - R\$ 443.476,91  
6 – OUTRAS DESPESAS - R\$ 258.829,99

**07 – ATIVIDADES A SEREM DESENVOLVIDAS NO ÂMBITO DO PROJETO COM O MONTANTE DE RECURSOS O QUAL SE PRETENDE REPASSAR DA UFES À FUNDAÇÃO DE APOIO:**

- Continuidade ao pagamento da equipe do projeto (coordenação, bolsistas e celetistas) para cumprimento das metas em aberto.
- Publicação de artigos em periódicos nacionais e internacionais.
- Publicação de um novo livro sobre saneamento básico com base nas informações coletadas/produzidas durante a elaboração do projeto.

**08 – SALDO DAS CONTAS ESPECÍFICAS DO PROJETO:**

**DATA DA CONSULTA:** 17/09/2020  
**SALDO:** R\$ 164.026,11

**09 – ASSINATURA:**

17/09/2020  
DATA

Renato Ribeiro Siman  
NOME DO(A) COORDENADOR(A)

ASSINATURA DO(A) COORDENADOR(A)

RENATO RIBEIRO SIMAN  
LABORATÓRIO DE GESTÃO  
DE SANEAMENTO AMBIENTAL  
UFES/EA/1/UFES  
MAT. 1006 1980

Vitória-ES, 31 de Janeiro de 2020.

## DECLARAÇÃO

Declaro para os devidos fins que os estagiários abaixo participaram do Projeto FEST nº 805 intitulado "Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos: da Coleta a Valorização", coordenado pelo Prof. Doutor Renato Ribeiro Siman. Conforme período descrito abaixo:

- Ainoa da Cruz Paiva-25/09/2018 a 28/02/2019;
- Alan Vitor Gomide-11/06/2018 a 30/04/2019;
- Ana Karolina Cesario Hott-15/04/2019 a 31/05/2019;
- Arthur David De Angeli-01/02/2019 a 30/05/2019;
- Caio Almeida Giugni-25/09/2018 a 28/02/2019;
- Cheylla da Penha Carli de Castro Veltem-02/01/2019 a 31/03/2019;
- Luana Borchardt Hencker-04/06/2018 a 30/06/2019;
- Luiz Guilherme Santos Miranda-03/09/2018 a 31/07/2019;
- Matheus Siqueira Piol-14/09/2018 a 28/02/2019;
- Sunamita da Silva Oliveira-13/02/2019 a 30/04/2019;
- Roberta Sousa Menequini-22/07/2019 com previsão de término em 31/12/2020;
- Talles Gomes Santos-07/03/2019 a 12/04/2019.

  
Fundação Espírito-santense de Tecnologia

Jonara de Oliveira Diniz  
fest - Fundação Espírito Santense de Tecnologia  
Coordenadora de RH

02.980.103/0001-90

FUNDAÇÃO ESPÍRITO SANTENSE  
DE TECNOLOGIA - FEST

Av. Fernando Ferrari, 845 - Campus Universitário  
Goiabeiras - CEP: 29075-010  
VITÓRIA-ES


Vitória-ES, 22 de Janeiro de 2020.

## DECLARAÇÃO

Declaro para os devidos fins que a Sr<sup>a</sup>. **Priscila Mendonça de Brito**, portadora do CPF nº. 105.348.187-06, participou como bolsista de Mestrado (GM) nesta conceituada empresa, no período de 01/01/2019 a 28/02/2019, vinculado ao Projeto FEST nº 805 intitulado "Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos: da Coleta a Valorização", coordenado pelo Prof. Doutor Renato Ribeiro Siman.

Tendo desempenhado as atividades:

- ✓ Planejar atividades de avaliação das condições das associações de catadores de matérias recicláveis no Espírito Santo;
- ✓ Identificar o layout produtivo das associações de catadores com proposição de melhorias;
- ✓ Analisar metodicamente a composição gravimétrica dos resíduos recicláveis;
- ✓ Analisar metodologicamente a confecção do mapa de risco de todas as associações do Espírito Santo.

  
Fundação Espírito-santense de Tecnologia

Jomari de Oliveira Draz  
Fest - Fundação Espírito-santense de Tecnologia  
Coordenadora de RH

02.980.103/0001-90

FUNDAÇÃO ESPIRITO SANTENSE  
DE TECNOLOGIA - FEST

Av. Fernando Ferrari, 845 - Campus Universitário  
Goiabeiras - CEP: 29075-010  
VITÓRIA-ES



Vitória-ES, 21 de Janeiro de 2020.

## DECLARAÇÃO

Declaro para os devidos fins que a Sra. **Renata Estevam**, portadora do CPF nº. 360.373.608-71, participou como bolsista de Mestrado (GM) nesta conceituada empresa, no período de 01/01/2019 31/07/2019, vinculada ao Projeto FEST nº 805 intitulado "Gerenciamento integrado de resíduos sólidos: da coleta á valorização", tendo desempenhado as atividades:

- ✓ Avaliar cobertura de coleta seletiva no Espírito Santo;
- ✓ Identificar composição gravimétrica de resíduos sólidos secos recicláveis coletados por coleta seletiva no Espírito Santo;
- ✓ Identificar geração percapta de Resíduos Sólidos Secos Recicláveis (RSSR) no Espírito Santo.
- ✓ Identificar composição gravimétrica da Organização de Catadores de Matérias Recicláveis e Reutilizáveis (OCMRR) no Espírito Santo.

Fundação Espírito-santense de Tecnologia

*Jonara de Oliveira Diniz*  
Jonara de Oliveira Diniz  
fest - Fundação Espírito-santense de Tecnologia  
Coordenadora de RH

02.980.103/0001-90

FUNDAÇÃO ESPIRITO SANTENSE  
DE TECNOLOGIA - FEST

Av. Fernando Ferrari, 845 - Campus Universitário  
Golubeiras - CEP: 29075-010  
VITÓRIA-ES



Vitória-ES, 21 de Janeiro de 2020.

## DECLARAÇÃO

Declaro para os devidos fins que a Sr<sup>a</sup>. **Roberta Daniel de Carvalho Fernandes Borba**, portadora do CPF nº. 764.934.317-00, participou como bolsista de Doutorado (GD) nesta conceituada empresa, no período de 03/12/2018 a 31/05/2019, vinculada ao Projeto FEST nº 805 intitulado "Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos: da Coleta a Valorização", coordenado pelo Prof. Doutor Renato Ribeiro Siman.

Tendo desempenhado as atividades:

- ✓ Identificar as formas de organização de toda rede de Proteção Social Especial de Alta Complexidade;
- ✓ Avaliar a efetividade da rede de proteção social no Brasil;
- ✓ Identificar e conhecer todo o arcabouço das Instituições de Longa Permanência nos estados brasileiros;
- ✓ Definir da metodologia a ser utilizada para levantamento de informações e identificação de cenários institucionais.

  
Fundação Espírito-santense de Tecnologia  
Renata de Oliveira Diniz  
Prof - Fundação Espírito Santense de Tecnologia  
Coordenadora de RI

02.980.103/0001-90  
FUNDAÇÃO ESPIRITO SANTENSE  
DE TECNOLOGIA - FEST  
Av. Fernando Ferrari, 845 - Campus Universitário  
Goiabeiras - CEP: 29075-010  
VITÓRIA-ES



Vitória-ES, 22 de Janeiro de 2020.

## DECLARAÇÃO

Declaro para os devidos fins que a Sr<sup>a</sup>. **Thatiana Carvalho Coimbra**, portadora do CPF nº. 122.725.607-84, participou como bolsista de Mestrado (GM) nesta conceituada empresa, no período de 02/01/2019 a 11/03/2019, vinculado ao Projeto FEST nº 805 intitulado "Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos: da Coleta a Valorização", coordenado pelo Prof. Doutor Renato Ribeiro Siman.

Tendo desempenhado as atividades:

- ✓ Descrever os modelos de cobrança para o gerenciamento de resíduos sólidos evidenciando seus entraves jurídicos e técnicos;
- ✓ Verificar a distribuição de frequência das estratégias de cobrança para os municípios pesquisados em relação a faixa populacional;
- ✓ Identificar uma ferramenta de aferição de despesas e receitas para manutenção financeira do gerenciamento integrado de resíduos sólidos municipais.

  
Fundação Espírito-santense de Tecnologia

Junior de Oliveira Diniz  
Fest - Fundação Espírito-Santense de Tecnologia  
Coordenador de RH

02.980.103/0001-90

FUNDAÇÃO ESPIRITO SANTENSE  
DE TECNOLOGIA - FEST

Av. Fernando Ferrari, 845 - Campus Universitário  
Goiabeiras - CEP: 29075-010  
VITÓRIA-ES



Vitória-ES, 21 de Janeiro de 2020.

## DECLARAÇÃO

Declaro para os devidos fins que a Sr<sup>a</sup>. **Izabella Vicentin Moreira**, portadora do CPF nº. 418.903.698-61, participou como bolsista de Mestrado (GM) nesta conceituada empresa, no período de 01/01/2019 a 28/02/2019, vinculado ao Projeto FEST nº 805 intitulado "Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos: da Coleta a Valorização", coordenado pelo Prof. Doutor Renato Ribeiro Siman.

Tendo desempenhado as atividades:

- ✓ Caracterizar as placas de circuito impresso (PCI) de tablete obtidas;
- ✓ Verificar a biolixiviação de cobre por A. Ferroxidans de PCI de tablet;
- ✓ Avaliar a influência de componentes de PCI no crescimento de A. Ferroxidans.

  
Fundação Espírito-santense de Tecnologia

Jonara de Oliveira Diniz  
Fest - Fundação Espírito Santense de Tecnologia  
Coordenadora de RH

02.980.103/0001-90

FUNDAÇÃO ESPIRITO SANTENSE  
DE TECNOLOGIA - FEST

Av. Fernando Ferrari, 845 - Campus Universitário  
Golubeiras - CEP: 29075-010  
VITÓRIA-ES



Vitória-ES, 21 de Janeiro de 2020.

## DECLARAÇÃO

Declaro para os devidos fins que a Sr<sup>a</sup>. **Larissa Gomes Sena**, portadora do CPF nº. 147.130.777-80, participou como bolsista de Mestrado (GM) nesta conceituada empresa, no período de 15/11/2018 a 31/12/2019, vinculado ao Projeto FEST nº 805 intitulado "Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos: da Coleta a Valorização", coordenado pelo Prof. Doutor Renato Ribeiro Siman.

Tendo desempenhado as atividades:

- ✓ Descrever variáveis e comportamentos dos fatores que influenciaram a ampliação de reciclagem no Espírito Santo;
- ✓ Modelar os fatores para projeção e avaliação da ampliação de reciclagem do Espírito Santo;
- ✓ Avaliar cenários (social, financeiro e ambiental) a ampliação de reciclagem no Espírito Santo.

  
Fundação Espírito-santense de Tecnologia

Jonara de Oliveira Diniz  
Fest - Fundação Espírito Santense de Tecnologia  
Coordenadora de RH

02.980.103/0001-90

FUNDAÇÃO ESPIRITO SANTENSE  
DE TECNOLOGIA - FEST

Av. Fernando Ferrari, 845 - Campus Universitário  
Goiabeiras - CEP: 29075-010  
VITÓRIA-ES





Vitória-ES, 21 de Janeiro de 2020.

## DECLARAÇÃO

Declaro para os devidos fins que a Sr<sup>a</sup>. **Larisse Suzy de Oliveira**, portadora do CPF nº. 147.576.847-89, participou como bolsista vinculada ao **Projeto FEST nº 805** intitulado "Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos: da Coleta a Valorização":

**Bolsa de Mestrado (GM)** no período de 01/01/2019 a 28/02/2019, coordenado pelo Prof. Doutor Renato Ribeiro Siman.

Tendo desempenhado as atividades:

- ✓ Determinar composição gravimétrica % p/p de células fotovoltaicas;
- ✓ Determinar composição gravimétrica % p/p de prata e, células fotovoltaicas;
- ✓ Descrever capacidade de recuperação/reciclagem dos componentes de células fotovoltaicas.

Atualmente participa como bolsista **Projeto FEST nº 805** intitulado "Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos: da Coleta a Valorização":

**Bolsa de Apoio a Extensão (discente) (ADX)** tendo iniciado suas atividades em 16/09/2019, coordenado pelo Prof. Doutor Renato Ribeiro Siman.

Desempenhado as atividades:

- ✓ Elaboração de metodologia de mobilização social para divulgação de ações em saneamento básico;
- ✓ Apoio técnico no desenvolvimento de metodologia para diagnóstico em saneamento básico;
- ✓ Apoio técnico para elaboração de documentos de comunicação e divulgação de ações e políticas em saneamento básico.

  
Fundação Espírito-santense de Tecnologia  
Larisse Suzy de Oliveira  
Fest - Fundação Espírito Santense de Tecnologia  
Coordenadora de Ext

02.980.103/0001-90

FUNDAÇÃO ESPIRITO SANTENSE  
DE TECNOLOGIA - FEST

Av. Fernando Ferrari, 845 - Campus Universitário  
Goiabeiras - CEP: 29075-010  
VITÓRIA-ES

Vitória-ES, 21 de Janeiro de 2020.

## DECLARAÇÃO

Declaro para os devidos fins que a Sr<sup>a</sup>. **Layara Moreira Calixto**, portadora do CPF nº. 149.334.487-01, participa como bolsista de Mestrado (GM) nesta conceituada empresa, no período de 16/09/2019 com previsão de término em 31/07/2020 vinculada ao Projeto FEST nº 805 intitulado "Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos: da Coleta a Valorização", coordenado pelo Prof. Doutor Renato Ribeiro Siman.

Desempenhado as atividades:

- ✓ Levantamento de dados sobre estratégias de coleta seletiva, estabelecimento de novas parcerias e políticas públicas no desenvolvimento econômico das organizações catadoras de materias recicláveis na Grande Vitória/ES;
- ✓ Levantamento de dados sobre disponibilidade de parcerias e políticas públicas no desenvolvimento econômico das organizações de catadores de materias recicláveis na Grande Vitória/ES;
- ✓ Descrição em cenários dinâmicos da influência das estratégias de coleta seletiva, parcerias e políticas públicas no desenvolvimento financeiro das organizações de catadores Grande Vitória/ES.

Fundação Espírito-santense de Tecnologia

*Joana de Oliveira Diniz*  
Joana de Oliveira Diniz  
Fest - Fundação Espírito Santense de Tecnologia  
Coordenadora de RH

02.980.103/0001-90

FUNDAÇÃO ESPIRITO SANTENSE  
DE TECNOLOGIA - FEST

Av. Fernando Ferrari, 845 - Campus Universitário  
Golubeiras - CEP: 29075-010  
VITÓRIA-ES



## Full length article

# Characterization of end-of-life LED lamps for the recovery of precious metals and rare earth elements



Rafaela Zamprogno Rebello<sup>a</sup>, Maria Tereza Weitzel Dias Carneiro Lima<sup>b</sup>, Luciana Harue Yamane<sup>a</sup>, Renato Ribeiro Siman<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Department of Environmental Engineering, Federal University of Espírito Santo, Av. Fernando Ferrari, 514, Vitória, ES, 29075-910, Brazil

<sup>b</sup> Department of Chemistry, Federal University of Espírito Santo, Av. Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras, Vitória, ES, 29075-910, Brazil

## ARTICLE INFO

**Keywords:**  
LED lamps  
Characterization  
WEEE  
Precious metals  
Rare earth elements

## ABSTRACT

LED (Light Emitting Diode) lamps have been replacing conventional light bulbs (fluorescent and incandescent) due to their lifetime, luminescence power, and energy saving, and thus, the generation of end-of-life LED lamps is increasing. Unpublished data on their composition, focusing in the precious metals and rare earth elements, is presented and is extremely important for future studies involving recycling processes. From samples comminuted in ring mills, loss-on-ignition as well as digestion in aqua regia and nitric acid were used. The results showed that LED lamps had 8 wt.% and 14 wt.% of inorganics, 34 wt.% and 36 wt.% of polymers, and 50 wt.% and 58 wt.% of metals when leached by aqua regia and nitric acid, respectively. Two traditional e-waste leaching agents were used for comparison purposes, and although aqua regia was reported as efficient for the leaching of precious metals, rare earth elements were only verified for leaching with nitric acid. Antimony, silver, aluminum, and copper presented statistically significant differences between the two leaching agents used. The characterization also allowed for identifying the presence of arsenic, which is considered a harmful substance to health. Compared to other types of lamps (fluorescent and incandescent), only LED lamps contain gold, which makes them economically attractive. In this sense, it was concluded that LED lamps must be recycled both from the environmental point of view, regarding the presence of arsenic and the increasing waste generation, and the economic point of view, due to the presence of critical metals and recovery potential.

## 1. Introduction

LED lamps are gradually replacing traditional bulbs (incandescent and fluorescent) because of several advantages, such as energy-saving (high efficiency), longer life, smaller size and weight, color variety, tolerance of low temperatures, and do not contain mercury (Park and Kim, 2016). In addition, incandescent bulbs will be phased out, which should further increase the consumption of LED bulbs. According to Gilde-Castro et al. (2017), initiatives in different parts of the world, such as the European Union (2009), Canada (2015), Brazil (2015), and China (2016), were created in order to gradually reduce the use of incandescent light bulbs.

However, with regard to the lamp market, Machacek et al. (2015) estimated that in 2018, 35% of this market will be occupied by LED lamps, while the Compact Fluorescent Lamp (CFL) and Linear Fluorescent Lamp (LFL), among others, will still occupy 65% of this market. While Machacek et al. (2015) described the possibility of growth in

2020 to 47% of the market, projections presented by the Secretary of Energy Efficiency and Renewable Energy of the United States described that by 2030, 84% of this market will be replaced by LED lamps, reducing energy consumption by light sources up to 40% (U.S. Geological Survey, 2019).

With regard to composition, LED lamps contain a chip consisting of a piece of crystal formed from the successive deposition of chemical elements (indium, gallium, aluminum, phosphorus, silicon, arsenic, and boron, among others) inserted in its crystalline structure (De Santi et al., 2015). On the other hand, while incandescent lamps have only a single tungsten filament, fluorescent lamps contain an internal gas or vapor in which a small amount of mercury is introduced into the tube, and a special phosphor material is used to convert ultraviolet light into light visible (dos Santos et al., 2015).

Kumar et al. (2019) analyzed the concerns to the environment, public health, and safety that are caused by improper disposal of LED lamps, and they also presented the potential economic benefits if the

\* Corresponding author.

E-mail addresses: [rafaelazrebello@gmail.com](mailto:rafaelazrebello@gmail.com) (R. Zamprogno Rebello), [mariacarneiro@hotmail.com](mailto:mariacarneiro@hotmail.com) (M.T. Weitzel Dias Carneiro Lima), [luciana.yamane@ufes.br](mailto:luciana.yamane@ufes.br) (L.H. Yamane), [renato.siman@ufes.br](mailto:renato.siman@ufes.br) (R. Ribeiro Siman).

<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104557>

Received 17 May 2019; Received in revised form 10 September 2019; Accepted 22 October 2019

Available online 07 November 2019

0921-3449/© 2019 Elsevier B.V. All rights reserved.

## 5SSS174

# ESTRATÉGIAS PARA MITIGAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA DISPOSIÇÃO INADEQUADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E REJEITOS

Renata Estevam<sup>1</sup>, Renato Meira de Sousa Dutra<sup>2</sup>, Luciana Harue Yamane<sup>3</sup>, Renato Ribeiro Siman<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Espírito Santo, e-mail: renata.engenhariacm@gmail.com; <sup>2</sup>Universidade Federal do Espírito Santo, e-mail: renatomsd@hotmail.com; <sup>3</sup>Universidade Federal do Espírito Santo, e-mail: lucianayamane@gmail.com; <sup>4</sup>Universidade Federal do Espírito Santo, e-mail: renato.siman@ufes.br

**Palavras-chave:** Resíduos sólidos; Áreas degradadas; Mitigação de Impactos Ambientais

### Resumo

A mitigação de áreas degradadas pela disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos (ADDIRSU) está intimamente atrelada ao levantamento de aspectos ambientais propiciadores de degradação ambiental, bem como a definição de critérios que irão avaliar as condições a que estes ambientes estão susceptíveis, para que então seja possível a definição da técnica de mitigação a ser empregada de forma sustentável, eficiente e com otimização de custos. Tendo este entendimento como ponto de partida, o presente trabalho propôs uma caracterização das ADDIRSU existentes estado do Espírito Santo por meio da avaliação das condições ambientais baseada em uma seleção de aspectos e critérios de caráter técnico, econômico, operacional, social e ambiental, que possibilitassem a proposição de técnicas para mitigação dos impactos ambientais existentes. Para tanto foi realizada uma pesquisa bibliográfica de artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais, bem como uma pesquisa documental em órgãos públicos e associações de municípios, cujos dados foram posteriormente confirmados e completados por meio de levantamento *in loco*, com aplicação de questionários em todas as 78 cidades da área de estudo. Posteriormente foi realizada a caracterização de cada ADDIRSU por meio da verificação, nos Planos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRADs) elaborados pelos municípios, do atendimento aos aspectos e critérios mapeados na bibliografia. Ao final, foram sugeridas as técnicas de mitigação necessárias para minimização dos impactos ambientais correlatos. A pesquisa obteve como principais resultados que o estado Espírito Santo possui em seu território 192 ADDIRSU, onde 135 destas são respectivas a lixões desativados e apenas 59 encontram-se em recuperação. Com o diagnóstico realizado foi possível observar que 56% das áreas foram degradadas unicamente pela disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos (RSU) e que as demais áreas possuíam outras tipologias de resíduos sólidos tais como resíduos de construção e demolição, resíduos eletroeletrônicos, resíduos perigosos como baterias, pilhas, lâmpadas fluorescentes e até mesmo resíduos de serviços de saúde como agulhas, seringas, gases e outros materiais biológicos infectados. Foi constatado que 14% das ADDIRSU ainda se encontram em operação e que em 5% delas ainda existem atividades de catação de resíduos recicláveis por indivíduos de baixa renda. Além disso, 98% das ADDIRSU estão inseridas parcialmente em as Áreas de Preservação Permanente (APPs) e 80% das áreas estão dentro de faixas de domínios de rodovias. Quanto à existência de captação de água dentro da ADDIRSU ou em seu entorno (no limite de 1000m) foi constatado que em 35% das áreas existem captações em corpos hídricos ou em poços artesianos, o que pode resultar em problemas de saúde pública. A caracterização das áreas por meio dos aspectos e critérios ambientais selecionados para o estudo foi realizada para 32 das 192 ADDIRSU, devido à falta de informações detalhadas sobre as demais áreas, e indicou que em 100% dessas áreas não foram atendidos os critérios de presença de portaria, balança e vigilância, compactação dos resíduos, drenagem e tratamento do lixiviado de aterro, monitoramento de águas subterrâneas, monitoramento geotécnico e restrições legais ao uso do solo. Além disso, os critérios de verificação de dimensões e inclinações (97%), proteção vegetal (97%), homogeneidade da cobertura (94%), drenagem provisória de águas pluviais (84%), impermeabilização do solo (75%), presença de isolamento visual (69%), drenagem definitiva de águas pluviais (69%), profundidade lençol freático (p) x permeabilidade do solo (k) (66%) e drenagem de gases (66%), não obtiveram uma boa avaliação. Em relação às técnicas de mitigação para ADDIRSU foi verificado que em 100% das áreas são necessárias ações como isolamento das áreas, controle de acesso, compactação do solo, instalação de placas e sistemas de drenagem e tratamento de lixiviado, remediação do solo e monitoramento das águas subterrâneas e do comportamento dos maciços para melhoria das condições ambientais. Com destaque também para ações de retaludar as áreas e assegurar critérios de proteção vegetal tais como implantação de camada de argila após o encerramento da célula, erradicar espécies exóticas, limitar o desmatamento e descompactar o solo para implantar técnicas conservacionistas de recomposição, que foram avaliadas como ausentes em 97% das ADDIRSU. Conclui-se com os resultados desta pesquisa que a partir da adoção de critérios ambientais, precedida do diagnóstico detalhado das ADDIRSU, é possível auxiliar o processo de decisão dos gestores para escolha da técnica de mitigação mais viável para cada situação. E que o estado do Espírito Santo detém potencial para implementação de novos aterros sanitários de forma a otimizar custos com transporte de resíduos sólidos e minimizar os problemas de ordem ambiental.

**5SSS117**

## **PROPOSIÇÃO DE DIRETRIZES PARA ESTUDOS AMBIENTAIS CONSIDERANDO A VULNERABILIDADE AMBIENTAL PARA EXTRAÇÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS**

**Leonardo Monjardim Amarante<sup>1</sup>, Luciana Harue Yamane<sup>2</sup>, Renato Ribeiro Siman<sup>3</sup>, Gilson Silva Filho<sup>4</sup>,  
Fernanda Aparecida Veronez<sup>5</sup>**

*1Universidade Federal do Espírito Santo, e-mail: leonardo@monjardim.com; 2Universidade Federal do Espírito Santo, e-mail: lucianayamane@gmail.com; 3Universidade Federal do Espírito Santo, e-mail: renato.siman@ufes.br; 4Centro Universitário São Camilo, e-mail: silva.filho.gilson@gmail.com; 5Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, e-mail: fveronez@ifes.edu.br*

**Palavras-chave:** Rochas Ornamentais; Estudos Ambientais; Vulnerabilidade Ambiental

### **Resumo**

Muitos projetos do setor de mineração de rochas ornamentais implantados são distintos dos projetos descritos durante os Estudos Ambientais. Isso dificulta ou impede a comparação entre os impactos previstos e aqueles verificados após a conclusão do empreendimento. Além disso, as perturbações provocadas pelas atividades de mineração, quando iniciadas, proporcionam diferentes respostas do meio em função das características naturais e humanas do local. Este trabalho de pesquisa considera o conceito de vulnerabilidade ambiental avaliando a qualidade dos Estudos Ambientais e sua concordância com as resoluções e melhores práticas do setor, com o propósito de verificar a compatibilidade com as características ambientais, sociais e econômicas de cada região, além de sugerir diretrizes para os termos de referência que norteiam a elaboração desses estudos. Para o desenvolvimento desta pesquisa foram aplicadas ferramentas que consideram 8 Variáveis Legais utilizadas para a análise da concordância com a legislação e 5 Variáveis Técnicas para a análise dos aspectos técnicos abordados. Foram consideradas as empresas com maior volume de produção de minério do estado do Espírito Santo identificadas com licenças de operação válidas, e passíveis de serem analisados os Estudos Ambientais. Das 267 empresas que realizam extração de rochas ornamentais, foram avaliados 65 Estudos Ambientais, onde 26% apresentaram concordância "baixa" com as Variáveis Legais, 72% foram classificados com "média" concordância e apenas um estudo ambiental foi classificado com "alta" concordância com os requisitos relativos à legislação. Sobre as Variáveis Técnicas avaliadas, 64,5% dos estudos foram classificados com "baixa" concordância e 35,5% com "média", nenhum estudo foi classificado com "alta" concordância, o que sugere a carência de profissionais capacitados na elaboração de relatórios, planos e projetos neste setor. No quesito vulnerabilidade, 33% das jazidas encontram-se em áreas de "muito baixa" vulnerabilidade e 26% em áreas de "baixa" vulnerabilidade. Sendo assim, 59% das áreas de empresas mineradoras de rochas ornamentais foram instaladas em locais com vulnerabilidade favorável para operação e extração. Por outro lado, 22% das jazidas encontram-se em áreas de "alta" ou "muito alta" vulnerabilidade, indicando a necessidade de Estudos Ambientais compatíveis com esses índices (devendo apresentar qualidade técnica e legal). Somente 19% das pedreiras estão em áreas de "média" vulnerabilidade. Os resultados indicaram que muitas empresas mineradoras não contemplaram itens fundamentais e de importância significativa na avaliação de impactos ambientais, tais como: a definição de área de influência indireta, descrição dos impactos e proposição de medidas sobre o meio antrópico, além da definição de programas de monitoramento. Ademais, defende-se que a determinação do tipo de Estudo Ambiental não deveria ser somente baseada no porte do empreendimento e sua produção mensal (metros cúbicos), mas também considerar a vulnerabilidade ambiental das áreas de influência direta e indireta. Portanto, torna-se essencial que os estudos sejam revisados pelo órgão ambiental competente por meio de Termos de Referência de acordo com a vulnerabilidade ambiental.

### **Introdução**

Os Estudos Ambientais fazem parte do processo de licenciamento ambiental podendo ser mais amplos, e acompanhados de audiência pública, ou mais simplificados, porém com estrutura semelhante, no caso de empreendimentos com menores impactos ambientais. O órgão licenciador, portanto, pode facultar a apresentação do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) acompanhado do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) e exigir o Relatório de Controle Ambiental (RCA), ou Plano de Controle Ambiental (PCA) acompanhado do Projeto de Recuperação de Área Degradada (PRAD), e todos devem ser elaborados a partir de um Termo de Referência (TR) (CONAMA, 1997). Comum a todos os estados e regulamentado pela Resolução CONAMA 001/1986, o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) são exigidos no licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades que possam causar significativos impactos ambientais, como por exemplo, a extração de rochas ornamentais (CONAMA, 1986).

# INFLUENCE OF WASTE PICKER ORGANIZATIONS AND SELECTIVE WASTE COLLECTION ON SUSTAINABILITY INDICATORS

J.L.N. Zon<sup>(1)</sup>, C.J. Leopoldino<sup>(1)</sup>, W.M.R. Günther<sup>(2)</sup>, G.R. Besen<sup>(2)</sup>, L.H. Yamane<sup>(1)</sup>, R.R. Siman<sup>(1)</sup>

- 1: Department of Environmental Engineering, Technological Center / Federal University of Espírito Santo, Fernando Ferrari Avenue 514, 29075-910, Vitória, Brazil.  
2: Department of Environmental Health, Faculty of Public Health / University of São Paulo, Av. Dr. Arnaldo, 715 - 01246-904, São Paulo, Brazil.

**Abstract:** In order to meet the requirements of the Brazilian National Policy on Solid Waste, in addition to the need to know the factors that interfere in the development of selective waste collection and the waste picker organizations, it becomes important to understand the correlation between these factors, both with each other and with the environment in which are inserted. In this sense, this paper evaluate the selective waste collection programs and municipal waste picker organizations in the state of Espírito Santo, Brazil, in relation to sustainability indicators and their correlations. To that end, 24 municipalities were selected, evaluated by their selective waste collection programs, and 23 waste picker organizations, on which questionnaires were applied to obtain the necessary data for the calculation of the indicators of sustainability. Statistical analyzes were used to identify the correlation between the Indicators of Sustainability and correlation analyzes were applied to study the normality distribution.

**Key words:** Indicators of Sustainability, Selective Waste Collection, Waste Picker Organizations.

## 1. Introduction

In Brazil, with the approval of the National Policy on Solid Waste (NPSW), instituted by Federal Law No. 12,305 of 2010, the municipalities are obliged to implement and improve the selective waste collection (SWC) with integration of waste picker organizations (WPO) into the Integrated Solid Waste Management (ISWM) municipal systems [1], but the inclusion of recyclable waste pickers in the selective waste collection is not, in fact, integrated with the ISWM. Thus, while in theory legislation supports waste picker organizations and promotes reuse and recycling as a sustainable solution for waste, in practice many challenges still need to be overcome [2]. Municipalities, in general, face technical and administrative difficulties to perform selective waste collection in a universal and efficient way, as well as to relate to RMPOs as service providers [3].

In this sense, Dias [4] emphasizes that, with the lack of consistent information about the performance of selective waste collection with waste pickers, waste management is compromised, limiting the possibilities of social inclusion. Therefore, the use of sustainability indicators as a tool for planning, monitoring and evaluation contributes to the performance of selective waste collection and WPO programs towards sustainability.

Additionally, knowledge about the factors that interfere in the development of the selective waste collection and the waste picker organizations, it becomes important to understand the correlation between these factors, both among themselves and with the environment in which they are inserted. This knowledge can aid in the decision-making processes for the application of public policies aiming at the improvement of services related to waste.

## 2. Material and Methods

This research analyzed 24 municipal selective waste collection programs and 23 WPO using sustainability indicators in order to understand the performance of municipal SWC programs and WPO in relation to sustainability. For this, 10 Indicators of Sustainability of the Selective Collection (ISSC) and 16 Indicators of Sustainability of the Organizations of Collectors (ISOC) were analyzed using descriptive statistics. For that, means and frequencies were calculated to analyze the value of each of the indicators in relation to sustainability.

In order to identify the correlation between different aspects pertinent to the development of the SWC and the WPO, statistical analyzes of the peer-to-peer correlation between the data (Sustainability Indicators, time of existence of the WPO and size of the municipalities) were carried out together with the construction of graphs obtaining correlation coefficients. For the application of the correlation analyzes, the normality of the quantitative data was previously verified through the Shapiro-Wilk statistical test. For the samples that presented a Normal distribution, the Pearson correlation was used and for the Sustainability Indicators that did not present a normal distribution, the Spearman correlation was used. Statistical tests were performed at a significance level of 5% with the aid of the free software PAST.

# RECYCLABILITY EVALUATION OF WASTE TABLETS

V.C.N. Motta<sup>(1)</sup>, L.H. Yamane<sup>(1)</sup>, R.R. Siman<sup>(1)</sup>

1: Environmental Engineering Department, Technological Center / Federal University of Espírito Santo, Fernando Ferrari Avenue 514, 29075-910, Vitória, Brazil.

**Abstract:** Unlike other e-waste, generation of waste tablets is more recent, and very little is known about its composition and recycling routes. The determination of the recyclability of an e-waste depends on its composition, in which the presence of valuable or critical materials, as well as their concentration in relation to the total weight, defines the profit estimate that can be obtained through recycling. Thus, the aim of this paper was to determine the gravimetric composition and concentration of the metals present in the printed circuit boards (PCB) of waste tablets. PCB represented 6.31% wt. of tablets studied. The concentration of copper (25% wt.) is economically viable from the point of view of recycling, and the presence of gold increases the economic potential, as the tablets are part of the group of new e-waste that create greater interest in recycling, along with smartphones.

**Key words:** waste tablets, recyclability, e-waste, composition.

## 1. Introduction

Introduced in Brazil as of 2010, tablet sales volume in the country increased 800% from 2010 to 2014 [1], becoming rapidly obsolete as also observed for other Technology Information and Communication (TIC) equipment. The high volume of tablet sales in replacement of notebooks is possibly due to increased mobility, adequate screen size, resolution, and internet access [2, 3]. Thus, Martinho et al. [2] pointed out that the volume of tablet sales was approximately 248 million units in 2015.

Although the volume of tablets that have reached the end of their useful life is not as expressive as that of desktops, smartphones, and notebooks, their representativeness in the world scenario calls attention to the need for their disposal management. The environmental liability that will grow in the coming years, along with other types of e-waste, is notable.

The proper management of waste tablets depends on the knowledge of its composition, for which physical processing is usually used to determine the gravimetric composition and characterization process usually adopted the combination of mechanical processes with chemical and/or thermal processes due to the complex composition containing metal, alloy, plastics, PCB, among others and the e-waste heterogeneity. In order to identify all the elements present, the use of different acids can also be adopted. For the chemical leaching, it is perceived that aqua regia is constantly used, since it solubilizes precious metals like gold, silver and palladium at the same time, in addition to other metals such as copper in leachate purity above 96% [4, 5].

## 2. Materials and Methods

Stage 1 - Determination of the gravimetric composition of waste tablets

25 waste tablets of different models were manual dismantling and weighted. The components were classified into 5 categories: batteries, printed circuit boards (PCB), screens of varied sizes (7.1" to 9"), metal and / or plastic housing, chargers and cables.

Stage 2 - Characterization of the printed circuit boards of waste tablets

Tablet PCBs were characterized by mechanical processing, acid digestion and loss-on-ignition. The mechanical processing involved the reduction of the size and the comminution using vibratory disk mill. After comminution, the samples were solubilized under acid attack to determine the concentration of metals. For this purpose, a solution of aqua regia in the proportion (%v/v) of 1 HNO<sub>3</sub>:3 HCl, and the experiment was performed in triplicate. In this stage, the S/L ratio of 1g of sample to 20 mL of aqua regia was used. Loss-on-ignition was performed at 800°C during 1h using a muffin in order to determine inorganic fraction.

For quantitative determination of the metals present in tablets PCBs, aliquots were analyzed in PerkinElmer's Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP OES) model OPTIMA 800.

## 3. Results and Discussion

Stage 1 - Determination of the gravimetric composition of waste tablets

# INFLUENCE OF PRINTED CIRCUIT BOARDS' COMPONENTS ON *ACIDITHIOBACILLUS FERROOXIDANS*-LR GROWTH

Izabella Vicentin Moreira, Luciana Harue Yamane and Renato Ribeiro Siman

*Environmental Engineering Department, Federal University of Espírito Santo, 514, Fernando Ferrari Avenue, Vitória, Espírito Santo, 29075-910, Brazil*

**ABSTRACT:** Bioleaching is a recycling process used to leach metals through microorganisms' metabolism. It has been studied to metals recovery from WEEE, mainly printed circuit boards (PCB). Besides its environmental advantages, a longer process time is a decisive aspect to commercial application. It has been suggested that reaction time could be influenced by the toxicity of some PCB components to the bacterium. Thus, the main purpose of this research was to determine if PCB components from tablets influence on *Acidithiobacillus ferrooxidans*-LR growth. The characterization of tablets' PCB was carried through aqua regia digestion, resulting in 33% ceramic, 32% polymeric and 35% metallic portion. After bioleaching' parameters analysis (pH, ferrous ions and copper concentration), the pulp density of 15g/L was chosen to carry out the last stage. Lastly, the PCB components influence were determined: epoxy resin presented microbiostatic effect, and the metallic synthetic solution microbiocide effect on the bacterium growth. Individually, the metals Ag and Sn presented microbiocide, and Cu microbiostatic effect on the bacterial growth. Using the pulp density of 30 g/L capacitors presented microbiocide effect on *A. ferrooxidans* - LR growth. Therefore, alternatives to the use of epoxy resin in WEEE, or on process to avoid/reduce silver, tin and copper contact with the microorganism, are essential to the bioleaching process improvement.

**Keywords:** *Acidithiobacillus ferrooxidans*. Bioleaching. Printed circuit boards. Tablets. Waste of electrical and electronic equipment

## 1. INTRODUCTION

Tablets share market with smartphones and notebooks, reaching the worldwide sales mark of 248 million units in 2015. Due its lifetime, in about five years it becomes waste electrical and electronic equipment (WEEE) (FRAMINGHAM, 2016; BALDÉ et al., 2017; KUMAR, HOLUSZKO, ESPINOSA, 2017). Annually is generated more than 40 million tons of WEEE, and its growth rate is three times faster than others solid wastes (GUAN et al., 2012; HONDA, KHETRIAL, KUEHR, 2016).

The bioleaching is a recycling process used to leach metals through microorganisms' metabolism, being *Acidithiobacillus ferrooxidans* one of the main bacteria used. It has been studied for metals' recovery from WEEE, mainly printed circuit boards (PCB) (KARWOWSKA et al., 2014).

Its advantages are related to cost and toxic gases emission, comparing to hydrometallurgy and pyrometallurgy techniques (PRADHAN; KUMAR, 2012). However, the disadvantage is the time spent in



# SILVER RECOVERY FROM END-OF-LIFE PHOTOVOLTAIC PANELS

L.S.S. Oliveira, L. H. Yamane, R.R. Siman

*Environmental Engineer Department, University of Espírito Santo, Fernando Ferrari Avenue 514, Golabeiras, Vitória, 29075-910, Brazil*

**ABSTRACT:** Due to the technological innovations that have brought cost reductions, the growth of the photovoltaic sector has stood out among the renewable sources of energy. Consequently, by the year 2050 it is estimated that 78 million tons of photovoltaic panels will need to be discarded in the world. Considering this scenario, this paper aimed to analyse the technical feasibility of the silver recovery of photovoltaic cells using acid leaching, followed by the evaluation of the chemical and electrochemical precipitation processes to analyze their efficiencies. At first, the gravimetric composition and the concentration of metals (Ag, Al, Pb, Cu and Fe) in the photovoltaic cells were determined. Subsequently, the variation of concentration of  $\text{HNO}_3$  (1-10mol/L), temperature (25-60°C) and reaction time were verified. The Rotational Central Compound Design (DCCR) was used as method for the experimental design. It was possible to solubilize 100% of the silver contained in the photovoltaic cells. Silver precipitation by addition of HCl as well as electroprecipitation made it possible to extract more than 99% of silver in solution. Thus, studied route allowed the recovery of 99.98% of the silver present in the photovoltaic cells.

*Keywords: photovoltaic panels. silver recovery. e-waste. recycling*

## 1. INTRODUCTION

The development of alternative energy sources has been explored in order to increase energy supply and to replace or reduce the exploitation of non-renewable sources. Among the renewable sources of energy, the solar energy through photovoltaic panels is one of the most used and efficient methods (EUROPE, 2018).

However, due to the lifespan of these panels, approximately 30 years, information on their destinations (recycling) and final disposal are still scarce (WECKEND; WADE; HEATH, 2016). It is estimated that by the year 2050, 78 million tons of photovoltaic panels will need to be disposed of in the world (WECKEND; WADE; HEATH, 2016).

Silicon photovoltaic panels, which are the most used, are composed of aluminum frame, tempered glass, silicon photovoltaic cell with metal filaments, which is wrapped in two layers of encapsulating material and a backsheet (TAMMARO et al., 2016). The main metals present in photovoltaic panels are: lead, copper, aluminium and silver (DIAS et al., 2016).

Photovoltaic panels can be classified according to the materials used in their manufacturing and / or applied technology, being known as: 1st generation panels those using polycrystalline silicon and

FEASIBILITY OF THE CENTRAL COMPOSITE ROTATABLE DESIGN IN COPPER  
EXTRACTION EXPERIMENTS FROM PRINTED CIRCUIT BOARDS OF TABLETS

Vinicius Coelho Nóbrega da Motta

Department of Environmental Engineering, Federal University of Espírito Santo.

Av. Fernando Ferrari, 514, Vitória – ES, Brazil. Zip code: 29075-910.

vmotta1988@gmail.com

Luciana Harue Yamane<sup>1</sup>

Department of Environmental Engineering, Federal University of Espírito Santo.

Av. Fernando Ferrari, 514, Vitória – ES, Brazil. Zip code: 29075-910.

luciana.yamane@ufes.br

Renato Ribeiro Siman

Department of Environmental Engineering, Federal University of Espírito Santo.

Av. Fernando Ferrari, 514, Vitória – ES, Brazil. Zip code: 29075-910.

Cel.: +55 (27) 99752-2329

renato.siman@ufes.br

<sup>1</sup> Corresponding author

Declarations of interest: none

SILVER RECOVERY FROM END-OF-LIFE LED LAMPS BY THIOUREA LEACHING

Rafaela Zamprogno Rebello

Department of Metallurgical and Materials Engineering, Federal University of Rio de Janeiro.

Av. Horácio Macedo, 2030. Rio de Janeiro - RJ, Brazil. Zip code: 21941-598.

rafaelazrebello@gmail.com

Maria Tereza Weitzel Dias Carneiro Lima

Department of Chemistry, Federal University of Espírito Santo.

Av. Fernando Ferrari, 514 - Goiabeiras, Vitória – ES, Brazil. Zip code: 29075-910.

mariacarneiro@hotmail.com

Luciana Harue Yamane<sup>1</sup>

Department of Environmental Engineering, Federal University of Espírito Santo.

Av. Fernando Ferrari, 514, Vitória – ES, Brazil. Zip code: 29075-910.

luciana.yamane@ufes.br

Renato Ribeiro Siman

Department of Environmental Engineering, Federal University of Espírito Santo.

Av. Fernando Ferrari, 514, Vitória – ES, Brazil. Zip code: 29075-910.

renato.siman@ufes.br

<sup>1</sup> Corresponding author

Declarations of interest: none

## OPERATIONAL ACTIVITIES FOR WASTE PICKER ORGANIZATIONS: PRIORITY MATRIX

Sarina Francisca de Assis

Department of Environmental Engineering, Federal University of Espírito Santo.

Av. Fernando Ferrari, 514. Vitória – ES. Brazil. Zip code: 29075-910.

sarinafrancisca@gmail.com

Luciana Harue Yamane

Department of Environmental Engineering, Federal University of Espírito Santo.

Av. Fernando Ferrari, 514. Vitória – ES. Brazil. Zip code: 29075-910.

luciana.yamane@ufes.br

Roquemar de Lima Baldam

Department of Production Engineering, Federal Institute of Espírito Santo

Av. Vitória, 1729, Vitória – ES. Brazil. Zip code: 29040-780

roquemar.baldam@ifes.edu.br

Renato Ribeiro Siman<sup>1</sup>

Department of Environmental Engineering, Federal University of Espírito Santo.

Av. Fernando Ferrari, 514. Vitória – ES. Brazil. Zip code: 29075-910.

Tel.: +55 (27) 3335-2676

renato.siman@ufes.br

<sup>1</sup> Corresponding author

Declarations of interest: none

SUSTAINABILITY INDICATORS OF MUNICIPAL SELECTIVE COLLECTION AND WASTE-  
PICKERS ORGANIZATIONS: CASE STUDY

Renato Ribeiro Siman<sup>1</sup>

Department of Environmental Engineering, Federal University of Espírito Santo.

Av. Fernando Ferrari, 514. Vitória – ES. Brazil. Zip code: 29075-910.

Cel.: +55 (27) 99752-2329

renato.siman@ufes.br

Jéssica Luiza Nogueira Zon

Department of Environmental Engineering, Federal University of Espírito Santo.

Av. Fernando Ferrari, 514. Vitória – ES. Brazil. Zip code: 29075-910.

jessicanzon@gmail.com

Wanda Maria Risso Günther

Faculty of Public Health, University of São Paulo

Av. Dr. Arnaldo, 715. São Paulo - SP. Brazil. Zip code: 01246-904

wgunther@usp.br

Gina Rizpah Besen

Energy and Environment Institute, University of São Paulo

Av. Prof. Luciano Gualberto, 1289 - Butantã, São Paulo - SP, 05508-010

rizpah@usp.br

Luciana Harue Yamane

Department of Environmental Engineering, Federal University of Espírito Santo.

Av. Fernando Ferrari, 514. Vitória – ES. Brazil. Zip code: 29075-910.

luciana.yamane@ufes.br

<sup>1</sup> Corresponding author

Declarations of interest: none



### III-324 – AVALIAÇÃO DOS PLANOS MUNICIPAIS DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS (PMGIRS) DOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

**Izabella Vicentin Moreira**

Cientista Ambiental (USP). Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável (PPGES/UFES).

**Larissa Gomes Sena**

Engenheira de Produção pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Mestranda em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável (UFES).

**Gisele de Lorena Diniz Chaves**

Engenheira de Alimentos (UFV). Mestre em Desenvolvimento Regional e Agronegócio (UNIOESTE). Doutora em Engenharia de Produção (UFSCAR). Professora do Mestrado em Energia (CEUNES/UFES).

**Renato Ribeiro Siman** <sup>(1)</sup>

Engenheiro Químico (UFRRJ). Mestrado e Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento (EESC/USP). Professor dos Mestrados Acadêmico Engenharia Ambiental (PPGEA/UFES) e Profissional em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável (PPGES/UFES).

**Jorge Luiz dos Santos Junior**

Economista (UFRRJ). Mestrado em Economia (UFES). Doutorado em Ciências Sociais (CPDA-UFRRJ). Professor do Departamento de Engenharia de Produção (UFES).

**Endereço**<sup>(1)</sup>: UFES, Avenida Fernando Ferrari, 514 – Goiabeiras – Vitória – ES - CEP: 29.075-910 - Brasil - Tel: (27) 3335-2168- e-mail: [renato.siman@ufes.br](mailto:renato.siman@ufes.br)

#### RESUMO

O gerenciamento dos resíduos sólidos é um desafio para os municípios brasileiros. Essa problemática tem adquirido atenção e preocupação crescente dos gestores municipais, sobretudo após a promulgação da Lei 12.305/2010 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a qual exige que os municípios elaborem Planos Municipais de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos (PMGIRS), devendo contemplar o conteúdo mínimo estabelecido pela legislação. Entretanto, os municípios encontram dificuldades para elaborar tais planos, o que resulta em planos sem a qualidade esperada ou que não atendem à legislação corretamente. Diante disso, faz-se necessário avaliar aqueles planos que já foram elaborados, com objetivo de verificar o seu desempenho. Este trabalho avaliou os PMGIRS dos 43 municípios do Estado do Espírito Santo que possuíam seus planos finalizados no primeiro semestre de 2018, por meio da aplicação da ferramenta de avaliação dos PMGIRS desenvolvida e validada por Sena (2018), a qual é constituída por quatro índices complementares: Índice de Atendimento dos PMGIRS (IAP), a qualidade dos planos por meio do Índice de Qualidade dos PMGIRS (IQP), a complexidade da sua elaboração por meio do Índice de Complexidade dos PMGIRS (ICP) e seu potencial de implantação e continuidade das ações estabelecidas por meio do Índice de Potencial dos Planos (IPP). A partir da avaliação foram identificados os desempenhos dos PMGIRS do Espírito Santo, verificando que existem questões que podem ser melhoradas e adequadas para contribuir com a correta gestão dos resíduos sólidos nos municípios. Verificou-se que existem outros fatores que podem influenciar no desempenho dos planos, tais como a entidade responsável por sua elaboração, o ano em que foi elaborado, entre outros. A análise de todos esses aspectos fornece um diagnóstico estático da situação que se encontra os PMGIRS já finalizados do Estado do Espírito Santo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Política Nacional de Resíduos Sólidos, Desempenho, Avaliação, Política Pública.

#### INTRODUÇÃO

A preocupação em relação aos resíduos sólidos tem crescido diante do aumento da quantidade de resíduos gerados em todo o mundo. Esse aumento está associado ao crescimento da população e à aceleração da industrialização, que estabeleceram novos padrões de consumo e produção, transformando significativamente as relações entre o meio ambiente e a sociedade. A natureza passa a receber todos os rejeitos do crescimento da produção e do consumo indiscriminado, tornando o gerenciamento dos resíduos cada vez mais difícil para os



### III-016 - CARACTERIZAÇÃO DE PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO DE TABLETS OBSOLETOS PARA FINS DE RECICLAGEM

**Izabella Vicentin Moreira**

Cientista Ambiental (USP). Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável (PPGES/UFES).

**Luciana Harue Yamane**

Bióloga (UFES). Mestre em Engenharia Ambiental (PPGEA/UFES). Doutora em Engenharia Metalúrgica (UFES).

**Larisse Suzy Silva de Oliveira**

Engenheira Sanitarista e Ambiental (IFES/ES). Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável (PPGES/UFES).

**Renato Ribeiro Siman**<sup>(1)</sup>

Engenheiro Químico (UFRRJ). Mestrado e Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento (EESC/USP).

Professor dos Mestrados Acadêmicos Engenharia Ambiental (PPGEA) e Profissional em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável (PPGES) do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo.

**Renaro Meira Dutra**

Engenheiro Ambiental (UFES). Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável (PPGES/UFES).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Avenida Fernando Ferrari, 514 – Goiabeiras – Vitória – ES - CEP: 29.075-910 - Brasil - Tel: (27) 3335-2168- e-mail: [renato.siman@ufes.br](mailto:renato.siman@ufes.br)

#### RESUMO

Placas de circuito impresso contém metais de interesse industrial, como cobre, prata, ouro e platina, entre outros. O consumo de equipamentos eletroeletrônicos atingiu 12.726 bilhões de unidades em 2015, aumentando assim a geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) que contém as placas e circuito impresso (PCI), como computadores, celulares e *tablets*. Este último é considerado um REEE de geração recente, e novos trabalhos são necessários para identificar os materiais que as compõem. A presente pesquisa se propôs a caracterizar PCI de *tablets*, a fim de identificar os materiais que as compõem, possibilitando uma avaliação quanto à possibilidade de recuperação de metais destes REEE. O material foi submetido ao processamento mecânico, seguido de lixiviação em água régia por 24h. Filtrou-se a solução e o material retido em papel de filtro seguiu para ensaio de perda ao fogo (800°C; 1h). Por meio de balanço de massa, obteve-se a massa das frações metálicas, cerâmicas e poliméricas. A leitura da lixívia em ICP MS permitiu verificar a composição da fração metálica, identificando os metais e quantificando-os. Observou-se que a composição das PCI de *tablets* obtidas (35% metais; 33% cerâmicas e 32% polímeros) é similar à apresentada em literatura para outros tipos de REEE, como computadores. A fração metálica mostrou-se composta principalmente por Cu, Sn, Ni, Zn, Pb, Mn, Ag, Sr, Au, Pt, Al e Fe em concentrações similares a de outros REEE, o que mostra seu potencial para reciclagem e recuperação de metais.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Tablets*, Placa de circuito impresso, Resíduo de equipamento eletroeletrônico, Recuperação de metais

#### INTRODUÇÃO

Os *tablets* figuram entre os equipamentos eletroeletrônicos mais vendidos do mundo, ultrapassando a venda de computadores no Brasil em 2013. Tal crescimento está diretamente ligado ao aumento na geração de resíduo de equipamentos eletroeletrônicos (REEE), sendo que são gerados mais de 40 milhões de toneladas por ano no mundo. A obsolescência programada e o desenvolvimento de novas tecnologias influenciam este processo (GUAN *et al.*, 2012; HONDA; KHETRIAL; KUEHR, 2016; ABDI, 2017).

Nos REEE são encontrados materiais poliméricos, cerâmicos e metálicos. Dentre os metais encontrados estão cobre, prata, ouro, platina, entre outros. Assim, é interesse economicamente a recuperação dos mesmos. Além disso, há o interesse ambiental ligado à menor demanda de resíduos sólidos a serem enviados para aterro sanitário. A retirada de metais tóxicos como cádmio e chumbo, potencialmente poluidores do meio, e a diminuição da demanda de exploração mineral para produção metalúrgica, preservando o meio natural,



### III-013 - AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DE ORGANIZAÇÕES DE CATADORES DE MATERIAIS REICLÁVEIS DO ESPÍRITO SANTO

**Renato Ribeiro Siman**<sup>(1)</sup>

Engenheiro Químico (UFRRJ). Mestrado e Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento (EESC/USP). Professor dos Mestrados Acadêmicos Engenharia Ambiental (PPGEA) e Profissional em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável (PPGES) do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo.

**Jessica Luiza Nogueira Zon**<sup>(2)</sup>

Engenheira Ambiental e Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho (FAESA). Mestrado em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável (PPGES/UFES). Técnica do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA).

**Chaila Jacobsen Leopoldino**<sup>(3)</sup>

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo.

**Gisele de Lorena Diniz Chaves**<sup>(4)</sup>

Engenheira de Alimentos (UFV). Mestrado em Desenvolvimento Regional e Agronegócio pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Doutorado em Engenharia de Produção (UFSCar). Professora do curso de Engenharia de Produção e do mestrado em Energia na UFES/CEUNES.

**Maria Claudia Lima Couto**<sup>(5)</sup>

Engenheira Civil (UFES). Mestrado em Engenharia Ambiental (PPGEA/UFES). Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (DESA/UFMG). Professora do Instituto Federal do Espírito Santo.

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Avenida Fernando Ferrari, 514 – Goiabeiras – Vitória – ES - CEP: 29.075-910 - Brasil - Tel: (27) 3335-2168- e-mail: [renato.siman@ufes.br](mailto:renato.siman@ufes.br).

#### RESUMO

As organizações de catadores de materiais recicláveis necessitam vencer diversas disfunções para se tornarem competitivas no mercado. Para superar tais desafios e atender às exigências da Política Nacional de Resíduos Sólidos é necessário conhecer os elementos que interferem no desempenho das organizações de catadores. Nesse sentido, este estudo teve como principal objetivo analisar organizações de catadores de municípios do estado do Espírito Santo em relação à sustentabilidade. Para tal, foram selecionadas 23 organizações de catadores sobre as quais foram aplicados questionários para obtenção dos dados necessários para o cálculo dos indicadores de sustentabilidade. O resultado da análise dos indicadores de sustentabilidade das organizações de catadores estudadas foram, em média, muito favoráveis para os indicadores "regularização da organização", "autogestão", "capacitação da organização" e "rotatividade". Resultados favoráveis foram verificados para as organizações em relação ao indicador "instrumentos legais na relação com a prefeitura". Resultados desfavoráveis foram encontrados para os indicadores "renda média por membro", "diversificação de atividades e serviços", condições ambientais de trabalho e "saúde e segurança do trabalhador" e resultados muito desfavoráveis apenas para o indicador "produtividade do catador". Conforme sugerem os dados obtidos, de maneira geral, as organizações de catadores de materiais recicláveis analisadas ainda necessitam de aprimoramento para atingirem a sustentabilidade desejável, ou seja, sustentabilidade muito favorável com valores mais próximos a 1.

**PALAVRAS-CHAVE:** Organizações de Catadores, Materiais Recicláveis, Análise de Indicadores, Sustentabilidade.

#### INTRODUÇÃO

O aumento populacional e a mudança de estilo de vida impuseram taxas crescentes de geração dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), especialmente nos países em desenvolvimento (CIFRIAN et al., 2012; GUERRERO; MAAS; HOGLAND, 2013; BAIDYA et al., 2016). Este aumento acelerado trouxe à tona a necessidade do planejamento adequado de sistemas locais para a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (GIRS) (DYSON; CHANG, 2005).



# Ferramenta de avaliação dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos: parte 1

## *Assessment tool for Integrated Solid Waste Management Municipal Plans: part 1*

Gisele de Lorena Diniz Chaves<sup>1\*</sup>, Renato Ribeiro Siman<sup>2</sup>, Larissa Gomes Sena<sup>3</sup>

### RESUMO

O gerenciamento adequado dos resíduos sólidos é um desafio para os municípios brasileiros. Considerando as diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), uma etapa importante nesta adequação é a elaboração do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS). Considerando a importância deste instrumento planejador, este artigo propõe uma ferramenta de avaliação desses planos. O caminho metodológico de construção e validação se configurou em três etapas: concepção dos indicadores a partir de revisão bibliográfica e documental; validação com especialistas em que os indicadores foram validados e os fatores de ponderação foram definidos por meio da técnica Delphi; e aplicação de validação que consistiu na aplicação da ferramenta para avaliar os PMGIRS de seis municípios brasileiros de diferentes portes. Neste artigo serão apresentadas os resultados da primeira e da segunda etapas. Os resultados da terceira etapa serão apresentados na parte 2 deste artigo. A ferramenta permite verificar o atendimento às exigências da PNRS, a qualidade dos parâmetros, a abrangência da sua elaboração e a sua potencial implementação e sustentabilidade das ações estabelecidas. Com isso, espera-se contribuir à melhor elaboração do planejamento das várias etapas de implementação da PNRS.

**Palavras-chave:** gestão integrada, indicadores, planos municipais, Política Nacional de Resíduos Sólidos.

### ABSTRACT

Proper management of solid waste is a challenge for Brazilian municipalities. Considering the requirements of the National Solid Waste Policy (PNRS), an important step in this adequation is the elaboration of the Municipal Plan of Integrated Solid Waste Management (Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PMGIRS). Considering the importance of this planning instrument, this article proposes a tool for evaluating these plans. The methodological path of construction and validation was configured in three stages: conception of the indicators from bibliographic and documentary review; validation with experts, in which indicators were validated and weighting factors were defined using the Delphi technique; and application/ validation, which consisted of applying the tool to evaluate the PMGIRS of six Brazilian municipalities of different sizes. This article will present the results of the first and second stages. The results of the third stage will be presented in part 2 of this article. The tool allows to verify the fulfillment of PNRS requirements, the quality of indicators, the complexity of its elaboration, and its potential of implementation and sustainability of the established actions. With this, it is expected to contribute to the improvement of the monitoring of the various stages of PNRS implementation.

**Keywords:** solid waste, indicators, performance indicators, National Solid Waste.

### INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e a concentração em espaços urbanos, associadas ao crescimento da oferta e da demanda por bens e serviços, resultam em um dos maiores desafios da sociedade moderna: o equacionamento entre a geração de resíduos sólidos e sua gestão ambientalmente adequada (IACCHW; BUSEN, 2011). No Brasil, embora 73,3 milhões de toneladas (91% de cobertura) de resíduos sólidos urbanos (RSU) sejam coletadas, 29,7 milhões de toneladas

(41,6% do coletado) ainda encontram disposição final inadequada, podendo ocasionar diversos impactos socioambientais (ABRUCO ET AL., 2017). Isso evidencia que, apesar dos avanços do país no sentido de propor políticas públicas para a gestão adequada dos resíduos sólidos, muitas melhorias são necessárias.

Com o marco regulatório do setor, definido pelas leis federais nº 11.445/2007 (BRASIL, 2007) e nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010b), o conceito de gestão integrada de resíduos sólidos passou a ter maior

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil. E-mail: gisele@ufla.br

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil.

\*Autora correspondente: gisele@ufla.br

Recebido em 14/06/2019; Aceito em 02/05/2020; Reg. ABES: 20200120A

# Ferramenta de avaliação dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos: parte 2

## *Assessment tool for Integrated Solid Waste Management Municipal Plans: part 2*

Gisele de Lorena Diniz Chaves<sup>1\*</sup>, Renato Ribeiro Siman<sup>2</sup>, Larissa Gomes Sena<sup>2</sup>

### RESUMO

Considerando as experiências da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), uma etapa importante dessa adequação é a elaboração do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS). Por isso, a parte 2 deste artigo propõe uma ferramenta de avaliação dos Planos composta de quatro índices complementares: Índice de Atendimento do PMGIRS (IAP), Índice de Qualidade do PMGIRS (IQP), Índice de Complexidade do PMGIRS e Índice de Potencial do PMGIRS (IPP). A concepção da ferramenta ocorreu a partir de três etapas. Análises preliminares foram realizadas na parte 1. Neste artigo, foram citados os procedimentos que consistem na aplicação da ferramenta de avaliação nos PMGIRS em seis municípios brasileiros, e apresentado os resultados, mostrando que a ferramenta é consistente e permite a avaliação dos PMGIRS e de seus documentos correlatos, tais como leis e decretos municipais. Com a avaliação, foram identificados pontos de melhoria, assim como foram apresentadas as sugestões e as recomendações mais adequadas. Da mesma forma, a avaliação permitiu a comparação e a análise dos quatro índices, visando aspectos que devem ser considerados para a correta consideração deles. Um guia com os procedimentos para adequada avaliação dos PMGIRS também foi apresentado neste artigo.

**Palavras-chave:** resíduos sólidos; desempenho; estudo de caso; Política Nacional de Resíduos Sólidos.

### ABSTRACT

Considering the experiences of the National Solid Waste Policy (PNRS) an important step in this achievement is the elaboration of the Municipal Plan of Integrated Solid Waste Management (PMGIRS). Therefore, this paper proposes a tool to evaluate these plans consisting of four complementary indices: PMGIRS Service Index (IAP), PMGIRS Quality Index (IQP), PMGIRS Complexity Index and PMGIRS Potential Index (IPP). The conception of the tool came from three stages. The last two were shown in part 1. In this article, the result of the third step, which consists of the application of the PMGIRS assessment tool in six Brazilian municipalities, is presented. The results show that the tool is consistent and allows the evaluation of PMGIRS and their related documents, such as municipal laws and decrees. Several of the evaluation instrument points were identified as suggestions and recommendations to what they were presented. Likewise, the evaluation allowed the comparison and analysis of the four indices, exposing aspects that should be considered for their correct comparison. Additionally, the PMGIRS assessment procedures has also been presented.

**Keywords:** solid wastes; performance; case study; Brazilian Solid Waste Policy.

### INTRODUÇÃO

A ferramenta de avaliação de Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) proposta foi apresentada na parte 1 deste artigo. Essa ferramenta é composta por quatro índices complementares, a saber:

- Índice de Atendimento dos PMGIRS (IAP), para avaliar o desempenho dos planos com relação ao atendimento à legislação;
- Índice de Qualidade dos PMGIRS (IQP), que busca avaliar cada item de acordo com a qualidade das informações presentes no conteúdo do plano;

- Índice de Complexidade dos PMGIRS (IPC), para avaliar em função da complexidade, tempo e recursos disponibilizados na sua elaboração;
- Índice de Potencial dos PMGIRS (IPP), para avaliar o seu potencial com relação à implantação e à continuidade das ações propostas.

A construção da ferramenta se deu a partir de três etapas:

1. Definição dos indicadores, a partir de pesquisas bibliográfica e documental;

Correspondência: Gisele de Lorena Diniz Chaves, Engenharia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Maringá, Brasil.  
E-mail: gisele@ueparana.br; gisele@ueparana.br; gisele@ueparana.br

\*Autora correspondente: gisele@ueparana.br

Recebido: 16/02/20 – Aceito: 23/02/20 – Rev. ABES: 23/02/20



Full length article

## Characterization of end-of-life LED lamps for the recovery of precious metals and rare earth elements



Rafaela Zampogno Rebello<sup>a</sup>, Maria Tereza Weitzel Dias Carneiro Lima<sup>b</sup>, Luciana Harue Yamane<sup>b</sup>, Renato Ribeiro Siman<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Department of Environmental Engineering, Federal University of Espírito Santo, Av. Fernando Ferrari, 514, Vitória, ES, 29075-910, Brazil

<sup>b</sup> Department of Chemistry, Federal University of Espírito Santo, Av. Fernando Ferrari, 114, Goiabeiras, Vitória, ES, 29075-910, Brazil

## ARTICLE INFO

## Keywords:

LED lamps  
Characterization  
WEEE  
Precious metals  
Rare earth elements

## ABSTRACT

LED (Light Emitting Diode) lamps have been replacing conventional light bulbs (fluorescent and incandescent) due to their lifetime, luminescence power, and energy saving, and thus, the generation of end-of-life LED lamps is increasing. Unpublished data on their composition, focusing in the precious metals and rare earth elements, is presented and is extremely important for future studies involving recycling processes. Four samples characterized in ring mills, loss-on-ignition as well as digestion in aqua regia and nitric acid were used. The results showed that LED lamps had 8 wt.% and 14 wt.% of inorganics, 34 wt.% and 36 wt.% of polymers, and 50 wt.% and 58 wt.% of metals when leached by aqua regia and nitric acid, respectively. Two traditional e-waste leaching agents were used for comparison purposes, and although aqua regia was reported as efficient for the leaching of precious metals, rare earth elements were only verified by leaching with nitric acid. Arsenic, silver, zinc, titanium, and copper presented statistically significant differences between the two leaching agents used. The characterization also allowed for identifying the presence of arsenic, which is considered a harmful substance to health. Compared to other types of lamps (fluorescent and incandescent), only LED lamps contain gold, which makes them economically attractive. In this sense, it was concluded that LED lamps must be recycled both from the environmental point of view, regarding the presence of arsenic and the increasing waste generation, and the economic point of view, due to the presence of critical metals and recovery potential.

### 1. Introduction

LED lamps are gradually replacing traditional bulbs (incandescent and fluorescent) because of several advantages, such as energy-saving (high efficiency), longer life, smaller size and weight, color variety, tolerance of low temperatures, and do not contain mercury (Park and Kim, 2016). In addition, incandescent bulbs will be phased out, which should further increase the consumption of LED bulbs. According to Gil-de-Castro et al. (2017), initiatives in different parts of the world, such as the European Union (2009), Canada (2015), Brazil (2015), and China (2016), were created in order to gradually reduce the use of incandescent light bulbs.

However, with regard to the lamp market, Machacek et al. (2015) estimated that in 2018, 35% of this market will be occupied by LED lamps, while the Compact Fluorescent Lamp (CFL) and Linear Fluorescent Lamp (LFL), among others, will still occupy 65% of this market. While Machacek et al. (2015) described the possibility of growth in

2020 to 47% of the market, projections presented by the Secretary of Energy Efficiency and Renewable Energy of the United States described that by 2030, 84% of this market will be replaced by LED lamps, reducing energy consumption by light sources up to 40% (U.S. Geological Survey, 2019).

With regard to composition, LED lamps contain a chip consisting of a piece of crystal formed from the successive deposition of chemical elements (indium, gallium, aluminum, phosphorus, silicon, arsenic, and boron, among others) inserted in its crystalline structure (De Santi et al., 2015). On the other hand, while incandescent lamps have only a single tungsten filament, fluorescent lamps contain an internal gas or vapor in which a small amount of mercury is introduced into the tube, and a special phosphor material is used to convert ultraviolet light into light visible (dos Santos et al., 2015).

Kumar et al. (2019) analyzed the concerns to the environment, public health, and safety that are caused by improper disposal of LED lamps, and they also presented the potential economic benefits of the

\* Corresponding author.

E-mail addresses: [rafzampogno@ufes.br](mailto:rafzampogno@ufes.br) (R. Zampogno Rebello), [maritagcarneiro@gmail.com](mailto:maritagcarneiro@gmail.com) (M.T. Weitzel Dias Carneiro Lima), [lciana.yamane@ufes.br](mailto:lciana.yamane@ufes.br) (L.H. Yamane), [renato.siman@ufes.br](mailto:renato.siman@ufes.br) (R. Ribeiro Siman).

<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104557>

Received 17 May 2019; Received in revised form 16 September 2019; Accepted 22 October 2019

Available online 07 November 2019

0921-3449/ © 2019 Elsevier B.V. All rights reserved.



## Governance tools: Improving the circular economy through the promotion of the economic sustainability of waste picker organizations

Renato Ribeiro Siman<sup>a,\*</sup>, Luciana Harue Yamane<sup>d</sup>, Roquemar de Lima Baldam<sup>b</sup>, Juliana Pardini Tack<sup>c</sup>, Sarina Francisca de Assis Lessa<sup>b</sup>, Priscila Mendonça de Britto<sup>d</sup>

<sup>a</sup> Department of Environmental Engineering, Federal University of Espírito Santo, Av. Fernando Ferrari, 514, Vitória, ES, 29075-910, Brazil

<sup>b</sup> Department of Production Engineering, Federal Institute of Espírito Santo, Av. Vitória, 1125, Vitória, ES, 29040-700, Brazil

### ARTICLE INFO

Article history:  
Received 21 August 2019  
Received in revised form 27 January 2020  
Accepted 30 January 2020  
Available online 14 February 2020

Keywords:  
Waste Picker Organizations  
Corporate governance  
Reference models  
Operating activities  
Circular economy

### ABSTRACT

Waste Picker Organizations are the fundamental link in the integrated management of urban solid waste and they play a key social, economic, and environmental role. The main activity performed by Waste Picker Organizations is to insert materials in the productive cycle, thereby promoting a circular economy. However, due to the financial dependence on the public sector as the main economic source, and difficulties in self-management, Brazilian organizations do not achieve a competitive position in the recycling market. In this study we aimed to strengthen the Brazilian Waste Picker Organizations as solidarity economy companies throughout the application of corporate governance tools as to provide conditions to make them efficient in the recycling market and in the management of solid urban waste. The methodology was developed in three stages: identification of the Operating Activities of Waste Picker Organizations (Stage 1); hierarchization of the Operating Activities according to criteria that influence market efficiency (Stage 2); and creation of applicable reference models (Stage 3). According to the main results, the development of reference models, the hierarchical order of the Operating Activities, and the modeled processes indicated that the main activities that influence the market efficiency are selective collection, reception of the dry solid recyclable waste, sorting, pressing, baling, and the commercialization of selected waste.

© 2020 Elsevier Ltd. All rights reserved.

### 1. Introduction

The collection of urban solid waste performed by waste pickers, according to Sasaki et al. (2014), is largely observed in developing countries and is done by informal or formal waste pickers. Informal waste pickers usually work at open air dumpsites. In Brazil, after the establishment of the policy on the closure of irregular dumpsites, these informal workers were legally integrated to municipal waste management and formalized by the National Policy on Solid Waste (NPSW) of Brazil, thus being professionally recognized by the Brazilian Ministry of Labor and Employment.

The NPSW cover topics such as prioritization of solid waste management actions, promotion of social inclusion, intensification of environmental education actions, reverse logistics, and shared responsibility for the product life cycle, and it also determines

the implementation of selective collection with the participation of Waste Picker Organizations (WPOs) formed by low-income individuals (Dutra et al., 2018).

Whereas in theory the legislation supports WPOs and promotes the reuse and recycling as a sustainable solution for solid waste, in practice there are still many challenges to be overcome (Garberlet, 2015a). Overall, cities face technical and administrative difficulties to perform selective waste collection in a universal and efficient manner (Bosch and Fracalanza, 2016).

Selective collection in Brazil has been performed by the local government, city contractors, waste picker organizations, and scrap dealers through door-to-door schedule or by adopting Small Volume Delivery Stations (PEVs) that are combined for garbage collection (Ferris et al., 2015). According to Cempere (2019), Brazilian cities (about 22%) develop selective collection programs by combining models: door-to-door (80%), PEVs (45%), and WPOs (61%).

Cities may have more than one selective collection agent. Selective collection is responsibility of the City Hall in 37% of cities; of private companies in 36%; and 50% cities support or maintain WPO as the executing agents (Cempere, 2019).

\* Corresponding author.

E-mail addresses: [renato.siman@ufes.br](mailto:renato.siman@ufes.br) (R. Ribeiro Siman), [juliana.yamane@ufes.br](mailto:juliana.yamane@ufes.br) (J.H. Yamane), [roquemar@fdes.edu.br](mailto:roquemar@fdes.edu.br) (R. de Lima Baldam), [sarinafrancisca@ufes.br](mailto:sarinafrancisca@ufes.br) (S.F. de Assis Lessa), [priscilamendonca@gmail.com](mailto:priscilamendonca@gmail.com) (P. Mendonça de Britto).

# Sustentabilidade e Responsabilidade Social em Foco

13  
VOLUME



Editora Poisson

Editor Chefe: Dr. Dary Fernando Andrade

Conselho Editorial

Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais  
Msc. Davilson Eduardo Andrade  
Msc. Fabiane dos Santos Toledo  
Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia  
Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais  
Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC  
Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy  
Ms. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S587s

**Sustentabilidade e Respponsabilidade Social  
em Foco: Volume 13/ Organização Editora  
Poisson - Belo Horizonte - MG: Poisson,  
2019  
287p**

**Formato: PDF**

**ISBN: 978-85-7042-068-3**

**DOI: 10.5935/978-85-7042-068-3**

**Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia**

**1. Gestão 2. Produção. 3. Engenharia  
I. Título**

CDD-658

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

[www.poisson.com.br](http://www.poisson.com.br)

[contato@poisson.com.br](mailto:contato@poisson.com.br)

# Capítulo 25

## ORGANIZAÇÕES DE CATADORES DE MATERIAIS RECICLÁVEIS PARA FINS DE APOIO ÀS ATIVIDADES OPERACIONAIS: UM ESTUDO DAS PUBLICAÇÕES CIENTÍFICAS

*Renato Ribeiro Siman*  
*Juliana Pardini Tackla*  
*Juscely Mara Del Pupo*  
*Roquemar de Lima Baldan*  
*Laurenço Costa*

**Resumo:** Nos países de baixa a média renda, a reciclagem é sustentada pelas atividades exercidas pelos catadores de materiais recicláveis, organizados ou não em associações ou cooperativas de serviço. Esse importante serviço muitas vezes não é reconhecido a partir da ótica do seu potencial produtivo e de sua sustentabilidade econômica. Poucas vezes reconhecidas como atividade potencialmente produtiva, as organizações de catadores são por muitas vezes estudadas apenas do ponto de vista social e ambiental, perdendo-se a chance de desenvolvimento de pesquisas acerca de outros fatores tão importantes quanto, tais como governança, operação e diretrizes estratégicas de negócio das organizações de catadores de materiais recicláveis. Com base em análises fundamentadas na bibliometria, este trabalho resultou em um portfólio sistemático de artigos disponíveis que tratam sobre o tema: organizações de catadores de materiais recicláveis. Em decorrência da pesquisa, obteve-se um portfólio de 41 artigos em 14 periódicos distintos e todos classificados como a1 nas áreas selecionadas para estudo. Todos os artigos com elevada aderência ao tema "organizações de catadores de materiais recicláveis", com assuntos que abordam aspectos da saúde ocupacional, segurança, sustentabilidade da gestão de resíduos, mas nenhum que aborde sobre atividades operacionais e governamentais dessas organizações.

**Palavras-chave:** Reciclagem informal; reciclagem formal; catadores de materiais recicláveis; organizações de catadores.



**30° CONGRESSO ABES 2019**

Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

Natal | RN - 16 a 19 de Junho



## C E R T I F I C A D O

Certificamos que o(a) Sr(a)

**RENATO RIBEIRO SIMAN**

Participou do 30 CBESA, realizado em Natal, RN, de 16 a 19 de junho de 2019, como autor(a) dos **3** trabalhos técnicos listados abaixo.

Certificado No. 464

Roberval Tavares de Souza  
Presidente Nacional da Abes

Maria Geny Formiga de Farias  
Presidente da ABES Seção Rio Grande do Norte

---

II-019 - Apresentação Oral

**AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DE ORGANIZAÇÕES DE CATADORES DE MATERIAIS RECLAMADOS DO ESPÍRITO SANTO**

---

II-018 - Apresentação Oral

**CARACTERIZAÇÃO DE PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO DE TABLETS OBSOLETOS PARA FINS DE RECICLAGEM**

---

II-354 - Apresentação Oral

**AVALIAÇÃO DOS PLANOS MUNICIPAIS DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS (PMGIRS) DOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**

---





# HERAKLION 2019

7<sup>th</sup> International Conference on  
Sustainable Solid Waste Management

## Certificate of Attendance awarded to

Eng. Renato Ribeiro Siman

for attending the 7<sup>th</sup> International Conference  
on Sustainable Solid Waste Management

Heraklion, Crete Island, Greece

26-29 June 2019



Prof. Maria Loizidou  
National Technical University of Athens



National  
Technical  
University  
of Athens





# sardinia\_2019

17th INTERNATIONAL WASTE MANAGEMENT AND  
LANDFILL SYMPOSIUM / 30 SEPT - 04 OCT 2019  
Forte Village / Santa Margherita di Pula (CA) / Italy



## CERTIFICATE OF ATTENDANCE

This is to certify attendance at the Symposium of:

*Renato Ribeiro Siman*

Prof. Ing. Raffaele Costa  
*Raffaele Costa*



WORLD CONGRESS  
**ISWA 2019**  
7-9 October Bilbao, Spain

## CERTIFICATE OF ATTENDANCE

### RENATO SIMAN

---

has participated in the ISWA 2019 WORLD CONGRESS which has taken place at the Euskalduna Conference Centre and Concert Hall in Bilbao (Spain) on 7<sup>th</sup>, 8<sup>th</sup> and 9<sup>th</sup> October 2019.

Rafael Apraiz Egaña  
ISWA 2019 Organising Committee Chairman



ASOCIACIÓN TECNOLÓGICA ESPAÑOLA DE  
AGUAS RESIDUALES Y SANEAMIENTO



# 5º SSSS


Simpósio sobre Sistemas Sustentáveis

## CERTIFICADO de Participação

Certificamos que, **LUCIANA HARUE YAMANE** participou da **5º Simpósio sobre Sistemas Sustentáveis**, realizado em Porto Alegre/RS, nos dias 02 e 03 de dezembro de 2019, com carga horária de 20 horas.

Porto Alegre/RS, 03 de dezembro de 2019.

  
**Dr. Cristiano Poletto**  
*Organizador Presidente*

  
**Comissão Organizadora**  
*5º Simpósio sobre Sistemas Sustentáveis*

KeyCodeControl: 00055SS0002019ADFJ009600304000100

## Evento de Extensão nº 943 - Seminário Capixaba de Gestão Integrada: Construindo o Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Espírito Santo

### Informações

Título

Seminário Capixaba de Gestão Integrada: Construindo o Plano Estadual de Resíduos Sólidos d...

Número

943

Situação

Ativo

Tipo de público-alvo

Externo

Público-alvo estimado

300

Data de início

2019-09-19

Data de conclusão

2019-09-19

Palavra-chave 1

Gestão de Resíduos

Palavra-chave 2

Mobilização Social

Palavra-chave 3

Regulamentação E...

Palavra-chave 4

Ações Integradas

### Resumo

Após ampla discussão em decorrência da execução do Programa de Extensão UFES intitulado Gerenciamento de Resíduos Sólidos: da Coleta à valorização (SIEX 500429), foram elaborados pelo Lagesa/UFES produtos intelectuais tais quais: atividades para estimativa de geração de resíduos no território capixaba, descrição de cenários evolutivos para o gerenciamento de resíduos sólidos, soluções em governança, aspectos técnicos e regulatórios para gestão e gerenciamento de resíduos, com foco na reciclagem de matéria das frações seca e úmida, e energia. Os resultados propiciaram a elaboração do Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS-ES). O Seminário será realizado em parceria com o Governo do Estado do Espírito Santo, e contará com a participação de Secretarias Estaduais e Municipais pertinentes, bem como sindicatos e federações capixabas. Dessa forma, o evento prevê não só a apresentação do

PERS-ES, como a ampliação da discussão a respeito do tema com a sociedade civil e acadêmica capixabas.

## Classificações

Classificação Primária	Extensão
Classificação Secundária	Evento de Extensão
Principal Área Temática de Extensão	Meio Ambiente
Área Temática de Extensão Afim	Comunicação Social
Linha de Extensão	Capacitação de Gestores de Políticas Públicas
Grande Área do Conhecimento	Engenharias

Total de 6 classificações

## Extensão

Unidade	Órgão competente
Pró-Reitoria de Extensão	Câmara de Extensão
Coordenado por	Data da primeira apresentação
Docente	19/09/2019
Data da última revisão	Data de aprovação
09/01/2020	08/11/2019
Tipo de Evento	

### Apresentação

Nos últimos anos, o tema resíduos sólidos têm sido pautado como assunto da mídia, das cobranças das organizações, da sociedade em geral e dos mais diversos setores produtivos. Após promulgação das Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal nº 12.305/2010) e

da Política Estadual de Resíduos Sólidos (Lei Estadual nº 9.264/2009), ficou notória a necessidade de construção coletiva do Plano Estadual de Gerenciamento de Resíduos Sólidos capixaba (PERS-ES) envolvendo para tal instituições públicas, privadas, além da sociedade civil. Sua elaboração é condição para o que o Estado venha a ter acesso a recursos da União destinados à gestão de resíduos sólidos, ou para ser beneficiado por incentivos ou financiamentos de entidades federais de crédito ou fomento para tal finalidade. A implementação do Plano Estadual de Resíduos Sólidos possibilitará planejar as ações dos municípios capixabas na direção da correta gestão dos resíduos sólidos gerados no Estado. Desta forma a Ufes, por meio do Laboratório de Gestão do Saneamento Ambiental (Lagesa) do Centro Tecnológico (CT), buscou capacitar alunos de graduações e pós-graduações de diversos centros de ensino desta IES em parceria com o Governo do Estado do Espírito Santo, com o objetivo de apoiar na elaboração do PERS-ES. Foram desenvolvidas e discutidas com a sociedade desde estratégias metodológicas para desenvolvimento do trabalho, como também aquelas para estimativa de resíduos; descrição de cenários para avaliação da influência do desenvolvimento econômico do Estado na progressão do oferecimento de serviços de gerenciamento de resíduos pelo Estado e pelas instituições privadas; indicadores de gestão; planos, programas e ações para gestão dos resíduos gerados dentro do Estado, bem como ferramentas para fiscalização e controle de todo o processo pelos próximos 20 anos.

#### Justificativa / Mérito extensionista

O presente evento de extensão tem a intenção de apresentar os resultados preliminares de um Programa de Extensão UFES (Siex 500429) intitulado GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: DA COLETA À VALORIZAÇÃO, o qual tinha como um de seus principais resultados esperados a elaboração do PERS realizada pelo Lagesa/CT/Ufes em conjunto com o Governo do Estado do Espírito Santo e toda a sociedade civil capixaba. O Programa esta sendo realizado com a extensão não dissociada do ensino e da pesquisa. Outro grande produto esperado pelo Programa era a produção de um "Seminário Estadual de Saneamento Básico e Gerenciamento Integrado de Resíduos". No evento serão descritas não só as etapas metodológicas para produção do PERS-ES, como também seus principais resultados e influências na vida da sociedade civil (instituições públicas e privadas). Desde o princípio do desenvolvimento do programa, o Lagesa buscou trabalhar o princípio da interdisciplinaridade e indissociabilidade das atividades de ensino, pesquisa e extensão, pois previu uma oportunidade única para alunos e professores desenvolverem know-how na área de saneamento básico.

#### Objetivo geral

Estabelecer metodologias e procedimentos para inserir a comunidade universitária, população e representantes da sociedade civil na elaboração de políticas públicas em saneamento básico.

#### Objetivos específicos

1. Discutir planos, programas e ações para a gestão de resíduos no estado do Espírito Santo. Estabelecer metodologias e procedimentos para mobilização social durante o processo de elaboração do plano de gestão integrada de resíduos sólidos do Espírito Santo. Capacitar alunos de

graduação e mestrado na discussão de políticas públicas em gerenciamento de resíduos. Realizar o Seminário Estadual de Gerenciamento de Resíduos Sólidos.

**Metodologia**

Apresentação de resultados de pesquisas na forma de seminário. Descrição de Planos, Projetos e Ações para gerenciamento integrado de Resíduos Sólidos no território Espírito Santense. Avaliação dos resultados do Seminário com coleta de questionários. Avaliação da representatividade dos atores presentes no Seminário. Registro fotográfico e controle dos participantes com listas de presença.

**Forma de avaliação**

Participação mediante registro em lista de presença.

**Caracterização do público alvo**

Representantes de instituições públicas, privadas, além da sociedade civil. Comunidade universitária.

**Infraestrutura física**

Auditório do Centro de Ciências Exatas (CCE) do campus Ufes Goiabeiras.

**Informações adicionais**

Para consultar os produtos realizados através do Programa de Extensão UFES (Siex 500429): GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: DA COLETA À VALORIZAÇÃO, acessar <http://lagesa.ufes.br/publicacoes>. Caso se deseje consultar os produtos realizados durante a elaboração do Plano Estadual de gerenciamento de Resíduos Sólidos capixaba (PERS-ES), consultar: <http://servicos.seama.es.gov.br/pers>.

**Possui vínculo com ensino**

**Sim**

**Possui vínculo com pesquisa**

**Sim**

**Envolve captação de recursos financeiros ou bens duráveis**

**Não**

**Envolve liberação de carga horária do coordenador aprovada em Departamento**

**Não**

**Gratuito para o público?**

**Não**



## Equipe

↑ Nome	Função	Vínculo	CH	Data inicial	Data final
ANA KAROLINA CESARIO HOTT	Integrante	Aluno	4	19/09/2019	-
EDNILSON SILVA FELIPE	Integrante	Professor Magistério Superior	4	19/09/2019	-
GISELE DE LORENA DINIZ CHAVES	Integrante	Professor Magistério Superior	4	19/09/2019	-
IGOR MIELKE ONOFRE	Integrante	Aluno	4	19/09/2019	-
IZABEL PERIN RIBEIRO	Integrante	Aluno	4	19/09/2019	-
JORGE LUIZ DOS SANTOS JUNIOR	Integrante	Professor Magistério Superior	4	19/09/2019	-
LARISSA GOMES SENA	Integrante	Externo	4	19/09/2019	-
LARISSA SUZY SILVA DE OLIVEIRA	Integrante	Aluno	4	19/09/2019	-
LAYARA MOREIRA CALIXTO	Integrante	Externo	4	19/09/2019	-
MARIA HELENA ELPIDIO ABREU	Subcoordenador	Professor Magistério Superior	4	19/09/2019	-
MATHEUS SIQUEIRA PIOL	Integrante	Aluno	4	19/09/2019	-
RENATA ESTEVAM	Integrante	Aluno	4	19/09/2019	-
RENATO MEIRA DE SOUSA DUTRA	Integrante	Professor Magistério Superior	4	19/09/2019	-
RENATO RIBEIRO SIMAN	Coordenador	Professor Magistério Superior	4	19/09/2019	-
ROBERTA DANIEL DE CARVALHO FERNANDES BORBA	Integrante	Externo	4	19/09/2019	-
THATIANA CARVALHO COIMBRA	Integrante	Externo	4	19/09/2019	-

Total de 16 integrantes

## Atividades

Descrição ↑	Detalhamento	Início	Fim
Abertura Evento	Palestra de abertura	Previsto: 19/09/2019 Efetivo: -	Previsto: 19/09/2019 Efetivo: -
Apresentação Diagnóstico PERS-ES	Apresentação do Diagnóstico do PERS	Previsto: 19/09/2019 Efetivo: -	Previsto: 19/09/2019 Efetivo: -
Credenciamento	Coleta de inscrições	Previsto: 19/09/2019 Efetivo: -	Previsto: 19/09/2019 Efetivo: -
Encerramento	Encerramento do Seminário	Previsto: 19/09/2019 Efetivo: -	Previsto: 19/09/2019 Efetivo: -
Registro Fotográfico	Coleta de Fotografias	Previsto: 19/09/2019 Efetivo: -	Previsto: 19/09/2019 Efetivo: -

Total de 5 atividades

## Parcerias

Nome do parceiro ↑	Detalhamento
Governo do Estado do Espírito Santo	Contrato de prestação de serviços nº 001/2017 (processo UFES 23068.020688/2017-11) celebrado entre Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEAMA) e a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

Total de de 1 parcerias

## Abrangência

Nome ↑	Estado	Município	CEP	Informações adicionais
--------	--------	-----------	-----	------------------------

Nome ↑	Estado	Município	CEP	Informações adicionais
Av. Fernando Ferrari, 514 - Goiabeiras, Vitória - ES	Espírito Santo	Vitória	Auditório do Centro de Ciências Exatas (CCE) capus UFES Goiabeiras.	29075910

Total de 1 localidades

## Arquivos

↑ Nome	Tipo	Data de inclusão	Observação
Cartaz PERS.jpg	Outros	09/09/2019	Cartaz de Divulgação
Extrato de Ata aprovação relatório final.pdf	Ata de aprovação	09/01/2020	Ata de Aprovação do Relatório Técnico Final
Modelo_folder programacao para pasta.jpg	Outros	09/09/2019	Programação Seminário Estadual
Relatório Final - Anexos-compactado.pdf	Outros	09/01/2020	Anexos do Relatório Técnico Final.
Relatório Final.pdf	Outros	09/01/2020	Relatório Técnico Final.

Total de 5 arquivos

## Contatos

Site

lagesa.ufes.br

Mídias Sociais

Nome do Contato

Renato Ribeiro Siman

E-mail

**lagesa@ufes.br**

Telefone

**27 40092676/2168**





